

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
19 août 2004 (19.08.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2004/071128 A3

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : H04R 9/06

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/IB2004/000298

(22) Date de dépôt international : 6 février 2004 (06.02.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
FR0301521 10 février 2003 (10.02.2003) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :  
RÖTELZEICHNUNG HOLDING A.G. [LU/LU]; 24,  
rue Beaumont, L-1219 Luxembourg (LU).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : HOFF-  
MANN, Patrik [FR/FR]; 12, rue des Buissons, F-147610  
Villons-les-Buissons (FR).

(74) Représentant commun : RÖTELZEICHNUNG  
HOLDING A.G.; 24, rue Beaumont, L-1219 Luxembourg  
(LU).

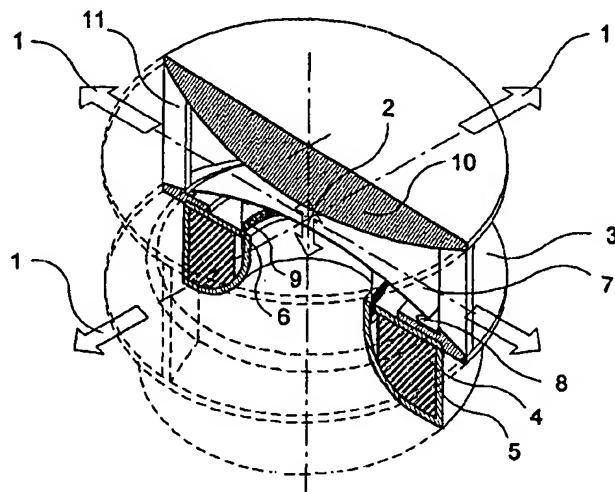
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,  
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,  
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,  
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,  
MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,  
PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN,  
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIGO (BW, GH, GM,  
KE, LS, MW, MZ, SD, SI, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), curasien  
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI

*[Suite sur la page suivante]*

(54) Title: ELECTRODYNAMIC ACOUSTIC TRANSDUCER

(54) Titre : TRANSDUCTEUR ACOUSTIQUE ELECTRODYNAMIQUE



(57) Abstract: The invention concerns an acoustic transducer generating an acoustic radiation by compression and expansion of an air mass located between a mobile membrane and a fixed surface or between two mobile membranes. The invention concerns an acoustic transducer or speaker of the electrodynamic of the type designed to emit sound waves from a modulated electric signal. The specific arrangement of the components of the inventive transducer enables an acoustic radiation (1) to be generated, by compression and expansion of the air mass located between a mobile membrane (7) and a fixed surface or anvil (10) which are characterized by being placed opposite each other. The direction of the resulting sound wave (1) is perpendicular to the membrane displacement direction (2). That mode for generating a sound wave enables production of transducers provided with specific directivity characteristics.

*[Suite sur la page suivante]*

WO 2004/071128 A3



(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(88) Date de publication du rapport de recherche internationale: 30 septembre 2004

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :

- relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)) pour l'IS seulement

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont requises

---

(57) Abrégé : Transducteur acoustique générant un rayonnement sonore par compression et expansion d'une masse d'air située entre une membrane mobile et une surface fixe ou entre deux membranes mobiles. La présente invention concerne un transducteur ou haut-parleur acoustique de type électrostatique destiné à l'émission d'ondes sonores à partir d'un signal électrique modulé. La disposition particulière des éléments constitutifs du transducteur selon l'invention permet de générer un rayonnement acoustique (1), par compression et expansion de la masse d'air située entre une membrane mobile (7) et une surface fixe ou enclume (10) qui ont pour caractéristique d'être disposées face à face. La direction de l'onde acoustique résultante (1) est perpendiculaire au sens du déplacement (2) de la membrane. Ce mode de génération d'une onde acoustique permet la réalisation de transducteurs électroacoustiques disposant de caractéristiques de directivité particulières.

## Transducteur acoustique électrodynamique

## Domaine technique :

La présente invention concerne un transducteur acoustique ou haut-parleur de type électrodynamique destiné à l'émission d'ondes sonores à partir d'un signal électrique modulé.

## Technique antérieure – Figures 1 à 4 :

Les transducteurs ou haut-parleurs traditionnels (suivant Fig. 1 et 2) comportent un châssis (13 et 23), généralement métallique sur lequel sont fixés 10 les différents éléments actifs, membrane mobile (17 et 27) et sa suspension (18 et 28) ainsi qu'un moteur (14-16 et 24-26) mettant cette membrane en mouvement. Ce moteur peut être du type électromagnétique, piézo-électrique ou électrostatique. La membrane mobile génère une onde acoustique résultante (11 et 21) dans la direction de son déplacement (12 et 22) et suivant le courant 15 électrique modulant le signal sonore à reproduire. La figure 1 représente, en coupe, un transducteur disposant d'une membrane de grande dimension, plus particulièrement destiné à la reproduction des fréquences graves à médium. La figure 2 représente, en coupe, un transducteur plus spécialisé dans la reproduction de fréquences hautes et se caractérise par une membrane plus petite 20 et comportant généralement une bobine mobile située en périphérie de cette membrane. A ce transducteur, peut être adjoint un pavillon acoustique qui permet d'améliorer son rendement par un meilleur couplage acoustique entre la membrane (solide) et le milieu ambiant (air) par une transition progressive des pressions. Ces transducteurs, dont il existe un nombre très élevé de variations, 25 sont principalement caractérisés par la direction de l'onde sonore résultante parallèle au sens de déplacement de la membrane. Leur rayonnement acoustique n'est pas homogène dans toutes les directions à l'exception de dispositifs particuliers dits « sphères pulsantes » dont la direction du rayonnement sonore résultant est toujours parallèle au sens de déplacement de la membrane.

30 Un autre type de transducteur, le haut-parleur ESS, inventé au Etats-Unis par le Dr Oscar Heil, (principe suivant la figure 3) est constitué d'une membrane plissée (37) sur laquelle est imprimé un ruban conducteur (39), cette membrane est située dans l'entrefer d'un aimant (66) par l'intermédiaire d'un circuit

magnétique (35) permettant de répartir l'induction magnétique sur l'ensemble de la membrane. Ce dispositif permet, par un resserrement ou un écartement (32) des plis de la membrane suivant le courant de modulation, d'obtenir l'aspiration et l'expulsion alternative de l'air situé entre ces plis et donc la génération d'un onde acoustique résultante (31). Malgré la très haute qualité sonore obtenue, le rayonnement sonore est d'une directivité marquée, en outre, la très faible amplitude des mouvements des plis de cette membrane ne permet pas d'obtenir la reproduction des fréquences basses.

Un troisième type de transducteur (suivant figure 4), invention de Sawafugi et Tadashi, est une extrapolation d'un transducteur acoustique fonctionnant par flexion d'une membrane souple. Il met en œuvre deux membranes souples symétriques (47), fixées à une de leur extrémité dans un boîtier (43), et mises en compression et extension alternative par une bobine mobile plate (49) située dans les entrefers (46) de deux aimants (44). Le mode de fonctionnement de ce transducteur, très compact, est dépendant du fonctionnement en flexion symétrique des membranes et ne permet pas d'obtenir des caractéristiques de directivité particulières.

Le spectre audible par l'homme, de 20 à 20000 hertz environ, est caractérisé par la très grande variété des différentes longueurs d'onde en jeu (du millimètre jusqu'à plusieurs mètres). La reproduction de toutes ces fréquences, avec une puissance acceptable, doit se faire à l'aide de deux ou plusieurs haut-parleurs dont chacun prend en charge une partie du spectre. Il résulte de cette nécessité que les centres acoustiques de ces haut-parleurs sont éloignés de plusieurs décimètres. Ceci dégrade la précision et la restitution spatiale du signal stéréophonique reproduit et introduit un phénomène d'interférence acoustique appelé lobes de directivité se traduisant par de grandes variations de la puissance acoustique émise en fonction de la position de l'auditeur par rapport aux différents transducteurs. Ce phénomène agrave les mauvaises caractéristiques de directivité inhérentes aux haut-parleurs traditionnels.

#### Exposé de l'invention :

La disposition particulière des éléments constitutifs du transducteur selon l'invention permet de générer un rayonnement acoustique, selon le courant de

modulation, par compression et expansion de la masse d'air située entre une membrane mobile fixée souplement, par l'intermédiaire d'un dispositif de suspension, sur un châssis rigide et une surface fixe et rigide dite enclume, également fixée rigidement au même châssis, cette membrane et cette enclume 5 ont pour caractéristique d'être disposées face à face, la direction de l'onde acoustique résultante est perpendiculaire au sens du déplacement de la membrane. La distance séparant la membrane et la surface fixe sera légèrement supérieure à la demi excursion maximale de la membrane afin d'éviter tout risque de contact direct entre ces deux éléments. Ce mode de génération d'une onde 10 acoustique permet la réalisation de transducteurs électroacoustiques disposant de caractéristiques de directivité différentes de celles des haut-parleurs traditionnels. La mise en mouvement de la membrane, suivant le courant de modulation, peut se faire au moyen d'une motorisation de type électromagnétique comme montré sur les dessins illustrant l'invention, mais cette motorisation peut être aussi de type 15 piézo-électrique (suivant figure 10), de type électrostatique ou autre.

Description sommaire des dessins :

La figure 1 représente, en coupe, un transducteur traditionnel disposant d'une membrane de grande dimension, plus particulièrement destiné à la reproduction des fréquences graves à moyen.

20 La figure 2 représente, en coupe, un transducteur traditionnel plus spécialisé dans la reproduction de fréquences hautes et se caractérise par une membrane plus petite.

La figure 3 montre schématiquement et en vue axonométrique, le principe de fonctionnement d'un transducteur à membrane plissée, seuls une partie de la 25 membrane, du circuit électrique et du circuit magnétique sont représentés.

La figure 4 représente, en coupe un transducteur suivant Sawafugi et Tadashi, et comportant deux membranes souples symétriques.

La figure 5 représente, vu en coupe axonométrique, le transducteur, objet de l'invention, en configuration de rayonnement acoustique omnidirectionnel, pourvu 30 d'une membrane en forme de dôme, ce transducteur permet la reproduction des fréquences basses et moyen.

La figure 6 représente, le même transducteur, vu en coupe.

La figure 7 représente, en coupe, le transducteur, objet de l'invention, en configuration de rayonnement acoustique omnidirectionnel avec une membrane annulaire, plus spécialement destiné à la reproduction de fréquences aigues. L'enclume 10 est représentée en pointillé pour la bonne compréhension du 5 dispositif de membrane annulaire.

La figure 8 représente, ce transducteur omnidirectionnel à membrane annulaire, vu en coupe.

La figure 9 représente, en coupe, la superposition, selon un axe, de deux transducteurs omnidirectionnels, chacun étant chargé de la reproduction d'une 10 partie du spectre audible (fréquences basses et bas médium pour celui du bas et fréquences haut medium et aigues pour celui du haut).

La figure 10 représente, vue en coupe axonométrique, le transducteur, objet de l'invention, en configuration de rayonnement acoustique à directivité contrôlée.

La figure 11 représente, vu en coupe, le transducteur de la figure 10.

15 Pour désigner, dans les différentes figures, les éléments, ayant une même fonction dans des mises en œuvre différentes, les numéros de référence figurants sur les dessins sont précédés, dans la description et les revendications, du numéro de la figure à laquelle se réfère cette description. Par exemple, la membrane (9) dans la figure 5 est désignée (59) dans la description, la même membrane (9) dans la figure 6 est désignée (69) dans la description.

20

#### Description détaillée des meilleures mises en œuvre de l'invention :

Une première mise en œuvre est représentée figures 5 et 6. Le transducteur acoustique selon l'invention est constitué d'un châssis rigide (53 et 25 63) sur lequel sont fixés :

- Un circuit magnétique (55 et 65) accouplé à un aimant (54 et 64), destiné à créer un champ magnétique dans un entrefer (56 et 66).
- Une membrane mobile en (57 et 67) montée sur une suspension souple périphérique (58 et 68) et comportant une bobine mobile (59 et 69) 30 plongeant dans l'entrefer (56 et 66). Cette membrane, représentée ici sous forme de dôme convexe, pourra présenter une autre forme compatible avec une bonne rigidité. Cette membrane pourra comporter

des plis ou corrugations destinée à former toute ou partie de sa suspension (58 et 68).

- Une surface fixe et rigide dite enclume (510 et 610), placée face à la membrane mobile (57 et 67) et raccordée (511 et 611) rigidement au châssis ou faisant partie intégrante de celui-ci.

5 Ce transducteur est caractérisé par la disposition de ses composants permettant d'obtenir un transducteur acoustique omnidirectionnel, c'est-à-dire générant un rayonnement sonore résultant (51 et 61) sur 360° dans le plan perpendiculaire au sens de déplacement (52 et 62) de sa membrane. La forme, le profil et le 10 dimensionnement des différents éléments dépend de leurs caractéristiques électriques ou mécaniques ainsi que du spectre de fréquences à reproduire. Ce transducteur, s'il est destiné à reproduire des fréquences basses ou médium, pourra être couplé à un enceinte (621) destinée à récupérer ou amortir l'énergie acoustique générée par l'arrière de la membrane mobile.

15 Les figures 7 et 8 représentent une autre mise en œuvre du transducteur omnidirectionnel. Il comporte un châssis rigide (73 et 83) sur lequel sont fixés :

- Un circuit magnétique (75 et 85) accouplé à un aimant (74 et 84), destiné à créer un champ magnétique dans un entrefer (76 et 86).
- Une membrane mobile annulaire (77 et 87) montée sur une suspension souple périphérique intérieure et extérieure (78 et 88) et comportant une 20 bobine mobile (79 et 89) plongeant dans l'entrefer (76 et 86). Cette membrane pourra comporter des plis ou corrugations destinée à former toute ou partie de sa suspension. les figures 7 et 8 montrent un tel dispositif pour sa suspension périphérique externe.
- Une surface fixe et rigide dite enclume (710 et 810), placée face à la membrane mobile annulaire (77 et 87) et fixée (711 et 811) rigidement à l'ensemble des autres constituants non mobiles du transducteur.

25 Cette disposition avec membrane annulaire permet de conserver une surface effective de la membrane compatible avec une bonne puissance acoustique tout 30 en évitant les oppositions de phase acoustique qui surviennent sur ce type de transducteur lorsque la longueur radiale de l'interface membrane et enclume est trop proche de la longueur d'onde des fréquences à reproduire. Cette disposition

est plus spécialement destinée à la reproduction de fréquences aigues, de faible longueur d'onde.

En référence à la figure 9, et pour permettre la reproduction d'un spectre de fréquence étendu, il est possible de superposer, selon un axe parallèle au déplacement des membranes mobiles (92), deux ou plusieurs de ces transducteurs omnidirectionnels, chacun étant chargé de la reproduction d'une plage de fréquences déterminée. La faible hauteur de chaque transducteur permet un rapprochement des centres acoustiques de ces différents transducteurs et donc la réduction des lobes de directivité inhérents à l'association de plusieurs transducteurs traditionnels. Toutes les références de cette figure se rapportent aux éléments de fonction similaires dans les figures 5 à 8 et précédemment décrits.

La figure 10 montre une variante de la première mise en œuvre proposée. Sa particularité consiste en une motorisation de la membrane (107) par un dispositif comportant un barreau unique ou composite de cristal à propriétés piézo-électriques (106b) se déformant suivant le courant de modulation appliqué au barreau par les connexions électriques (104b). Les mouvements résultant des déformations du barreau (106b) sont transmis mécaniquement à la membrane (107) par un élément rigide et léger (109b). Le rayonnement sonore résultant (101) est perpendiculaire au sens de déplacement (102) de la membrane (107). La forme, le profil et le dimensionnement des différents éléments dépend de leurs caractéristiques électriques ou mécaniques ainsi que du spectre de fréquences à reproduire. Les autres éléments du dispositif selon la figure 10 sont identiques par leurs fonctions aux éléments équivalents de la première mise en œuvre suivant figures 5 et 6.

La mise en œuvre suivant les figures 11 et 12 consiste en une autre disposition des différents éléments du transducteur fonctionnant par compression et expansion de la masse d'air située entre une membrane mobile fixée souplement sur un châssis rigide et une surface fixe et rigide dite enclume, également fixée rigidement au même châssis, cette membrane et cette enclume ayant pour caractéristique d'être disposées face à face, la direction de l'onde acoustique résultante (111 et 121) est perpendiculaire au sens du déplacement de la membrane (112 et 122).

Cette mise œuvre comporte :

- Un châssis (113 et 123) rigide.
- Un aimant (114 et 124), accouplé à un circuit magnétique (115 et 125) et destiné à créer un champ magnétique dans un entrefer (116).
- Une membrane mobile (117 et 127) montée sur une suspension souple (118) et comportant une bobine mobile (119 et 129) plongeant dans l'entrefer, cette bobine mobile est guidée par une deuxième suspension (1113 et 1213) destinée à assurer son centrage dans l'entrefer.
- Une surface fixe et rigide ou enclume (1110 et 1210), placée face à la membrane mobile et fixée rigidement au châssis ou faisant partie intégrante de celui-ci.
- Des baffles (1112 et 1212), rigides ou non, placées dans un plan perpendiculaire à la membrane et à l'enclume, dont le rôle est de limiter physiquement la masse d'air comprise entre la membrane et l'enclume, ces baffles peuvent faire partie intégrante du châssis (113 et 123).

15 Cette disposition permet d'obtenir une directivité précise du rayonnement acoustique résultant selon la forme, la géométrie et le dimensionnement de l'ensemble membrane, enclume, baffles et châssis et selon le spectre des fréquences à reproduire. Ce transducteur, s'il est destiné à reproduire des fréquences basses ou médium, pourra être couplé à un enceinte (1221) destinée à récupérer ou amortir l'énergie acoustique générée par l'arrière de la membrane mobile.

20

Possibilité d'application industrielle et fabrication :

La fabrication de ce type de transducteur est identique à celle des  
25 transducteurs acoustiques ou hauts-parleurs traditionnels.

Par ses matériaux et sa fabrication :

- Châssis et enclume métalliques ou en matériaux de synthèse ou composites, en tôle pliée ou pressée ou obtenue par injection de métal ou de résine pouvant comporter des fibres de consolidation ou de renfort.
- Membrane en métal, en papier, traité ou non, en matériaux de synthèse ou composites, fibreux ou non.

- Suspension en caoutchouc naturel ou artificiel ou matériaux de synthèse. Cette suspension peut également comporter des plis ou corrugations formés dans la membrane du transducteur.
- Aimants, pièces de champs, circuits magnétiques et bobinages usuels.
- 5 - D'une manière générale tous les matériaux et modes de fabrication présents et à venir adaptés à la fabrication et à l'amélioration des performances de ce type de transducteur.

Par sa mise en œuvre et son utilisation :

- Elle devra répondre et s'adapter aux caractéristiques et au fonctionnement particulier de ce type de transducteur. Les motorisations du type électromagnétique, piézo-électrique, électrostatique ou autres, ainsi que tous les procédés de contrôle, d'assistance et de pilotage des pièces mobiles par méthode analogique ou numérique peuvent être appliqués à ce type de transducteur.
- 10 - Le type de transducteur selon l'invention, pourra comporter un dispositif dit « pavillon acoustique» qui permet d'améliorer son rendement par un meilleur couplage acoustique entre la membrane (solide) et le milieu ambiant (air) par une transition progressive des pressions.
- 15 - Le type de transducteur selon l'invention pourra être mis en œuvre dans d'autres fluides, gazeux ou liquides, que l'air ambiant.

## Revendications

- 1) Transducteur électroacoustique caractérisé par la possibilité de générer un rayonnement acoustique, selon un courant de modulation, par compression et expansion de la masse d'air située entre une membrane mobile fixée souplement, par l'intermédiaire d'un dispositif de suspension, sur un châssis rigide et une surface fixe et rigide dite enclume, également fixée rigidement au même châssis, cette membrane et cette enclume ont pour caractéristique d'être disposées face à face, la direction de l'onde acoustique résultante est perpendiculaire au sens du déplacement de la membrane.  
5
- 2) Dispositif selon la revendication 1 caractérisé par la disposition de ses composants permettant d'obtenir un transducteur acoustique omnidirectionnel (figures 5 à 8), c'est-à-dire générant un rayonnement sonore sur 360° dans le plan perpendiculaire au sens de déplacement de sa membrane.  
15
- 3) Dispositif selon les revendications 1 et 2 et caractérisé par la possibilité de superposer, selon un axe parallèle au déplacement des membranes mobiles, deux ou plusieurs de ces transducteurs omnidirectionnels (figure 9), chacun étant chargé de la reproduction d'une plage de fréquences déterminée.  
20
- 4) Dispositif selon la revendication 1 et caractérisé par des baffles (1112 et 1212), rigides ou non, placés dans un plan perpendiculaire à la membrane et à l'enclume, dont le rôle est de limiter physiquement la masse d'air comprise entre la membrane et l'enclume, cette disposition permet d'obtenir une directivité précise du rayonnement acoustique résultant, selon la forme, la géométrie et le dimensionnement de l'ensemble membrane, enclume, baffles et châssis et selon le spectre des fréquences à reproduire.  
25
- 5) Dispositif selon la revendication 4 et caractérisé par ce que les baffles (1112 et 1212) peuvent faire partie intégrante du châssis (113 et 123).  
30
- 6) Dispositif selon les revendications 1, 2 et 4 et caractérisé par ce que ce dispositif pourra comporter un « pavillon acoustique » permettant

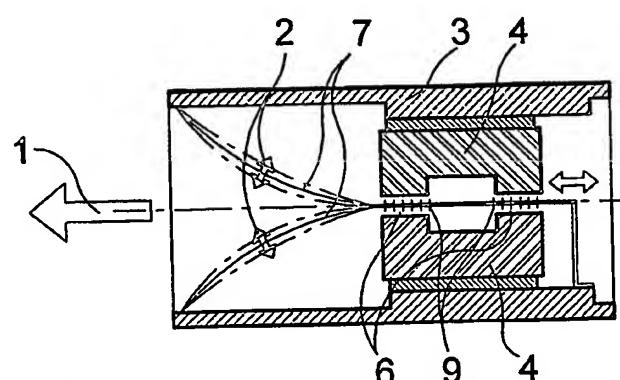
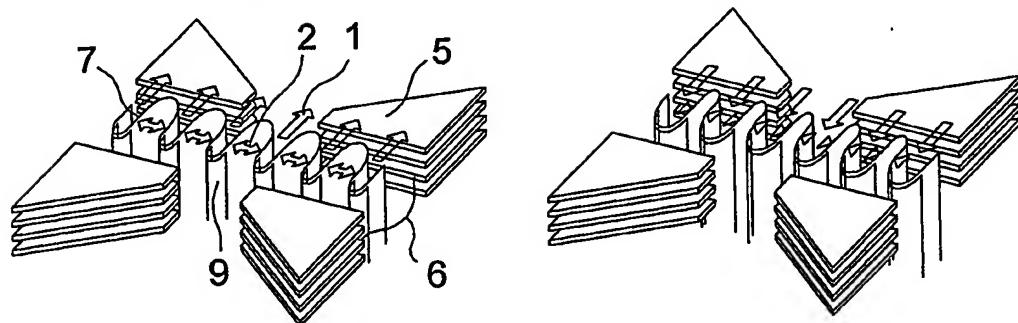
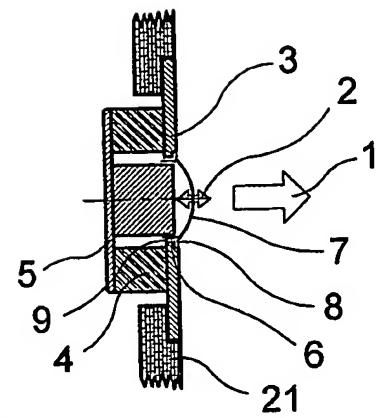
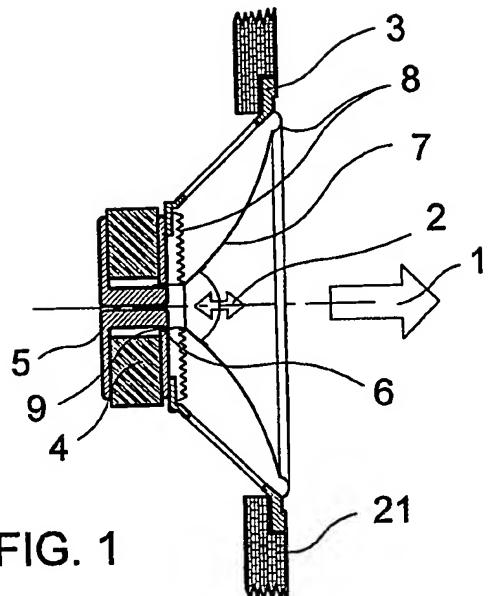
d'améliorer son rendement par un meilleur couplage acoustique entre la membrane (solide) et le milieu ambiant (air).

5           7) Dispositif selon les revendications 1, 2 et 4 et caractérisé par ce qu'il pourra comporter, pour la mise en mouvement de sa membrane, une motorisation du type électromagnétique, piézoélectrique, électrostatique ou autre, ainsi que tous procédés de contrôle, d'assistance et de pilotage des pièces mobiles par méthode analogique ou numérique

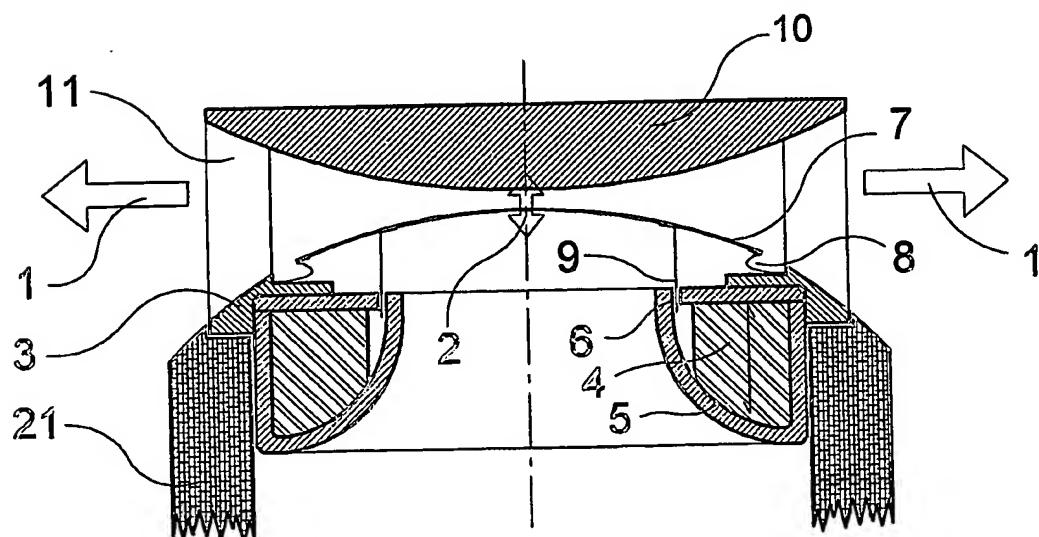
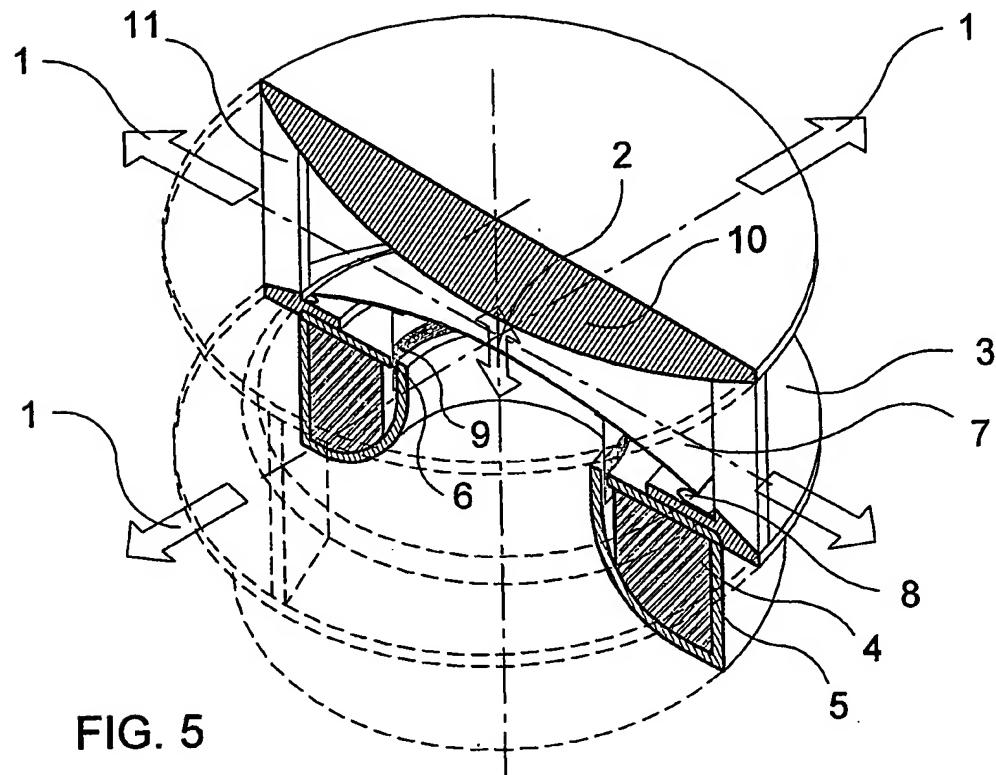
10           8) Dispositif selon les revendications 1, 2 et 4 et caractérisé par la possibilité d'être mis en œuvre dans d'autres fluides, gazeux ou liquides, que l'air ambiant.

---

1/5



2/5



3/5

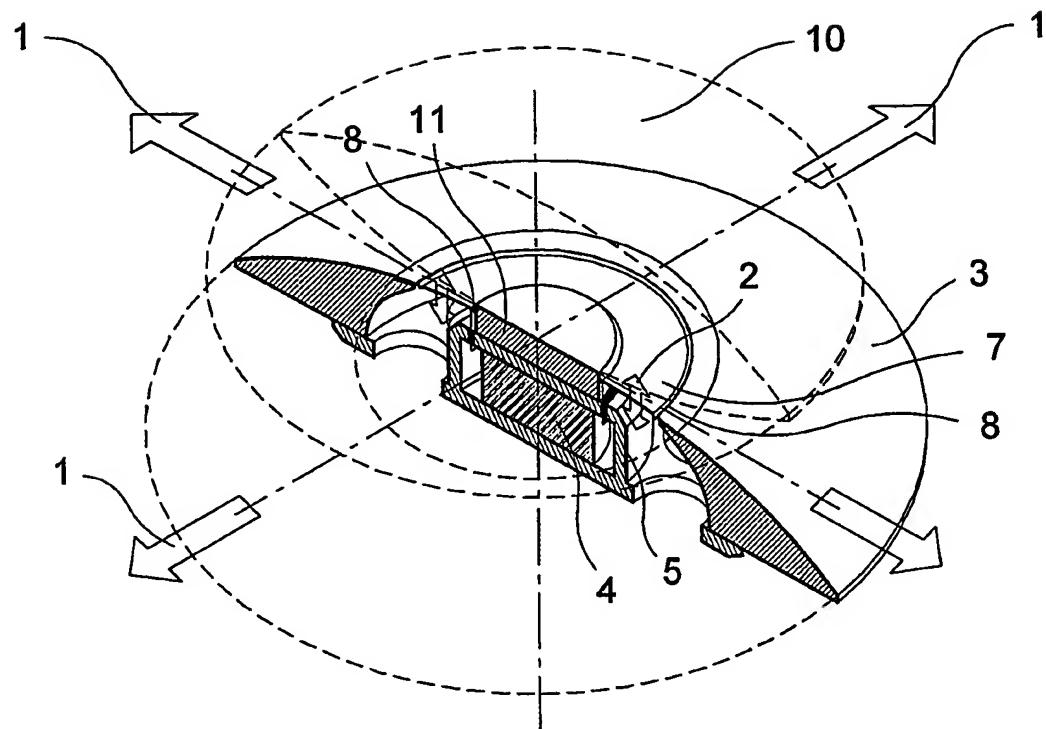


FIG. 7

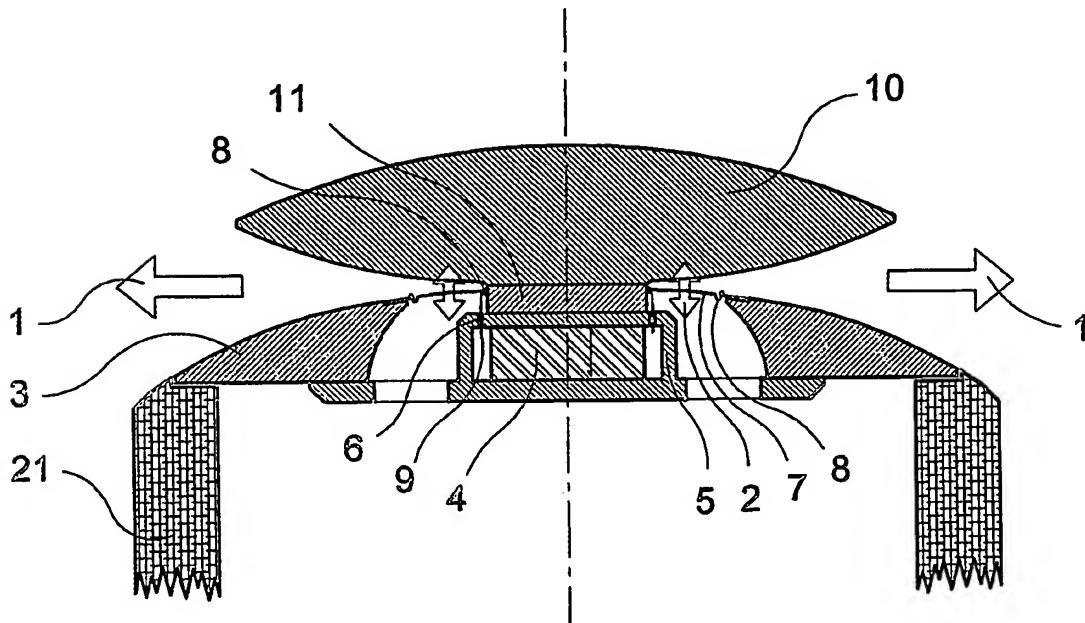


FIG. 8

4/5

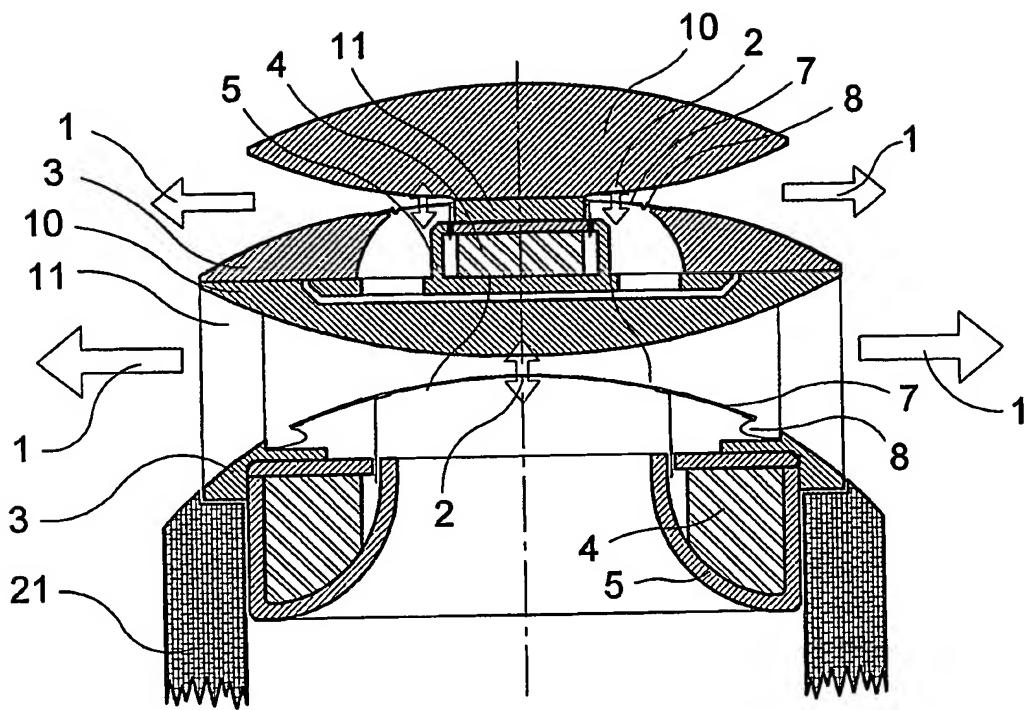


FIG. 9

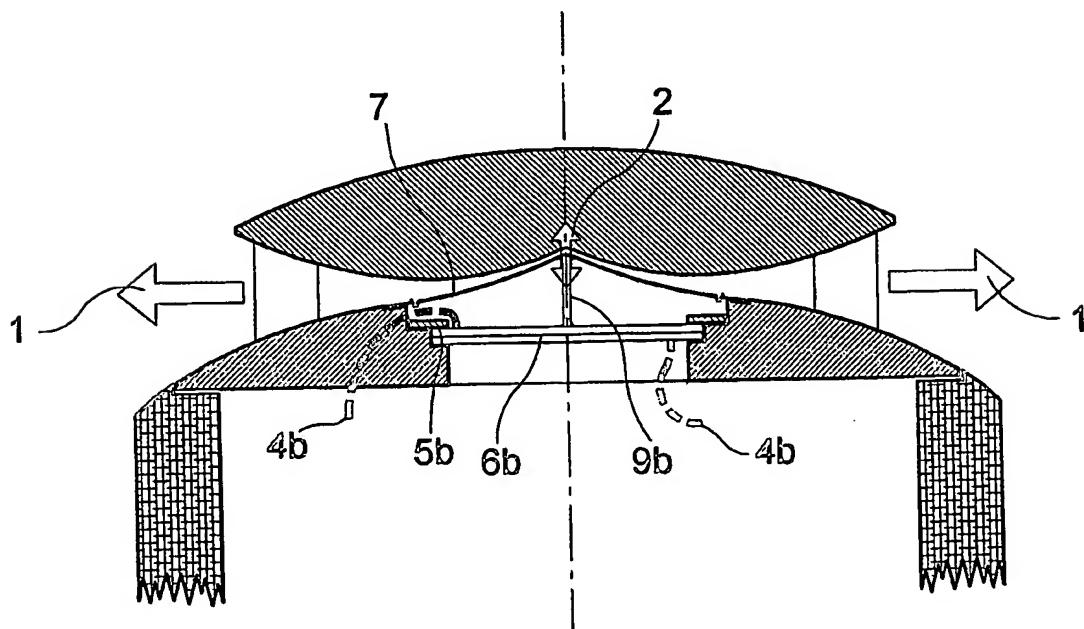


FIG. 10

5/5

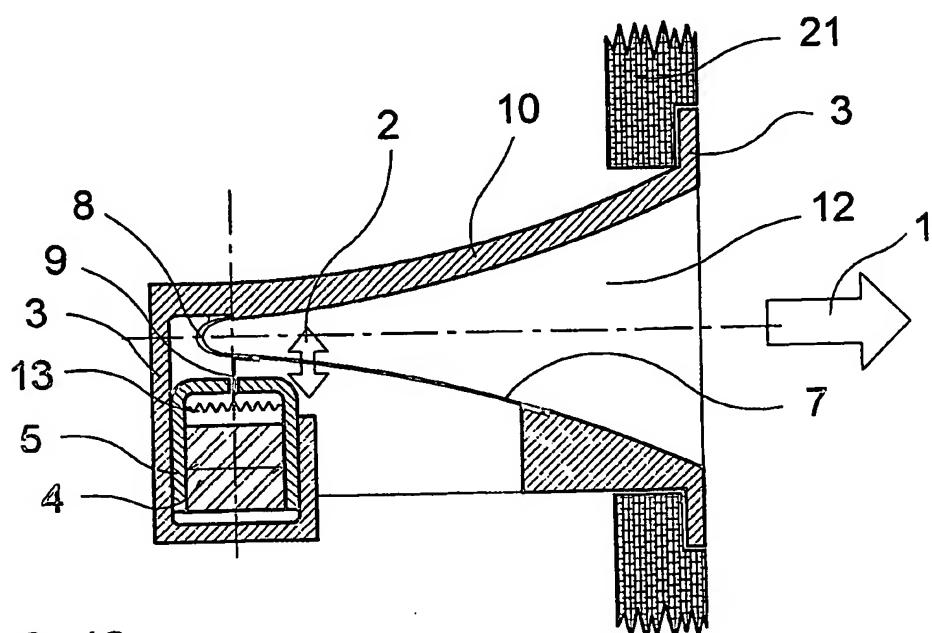
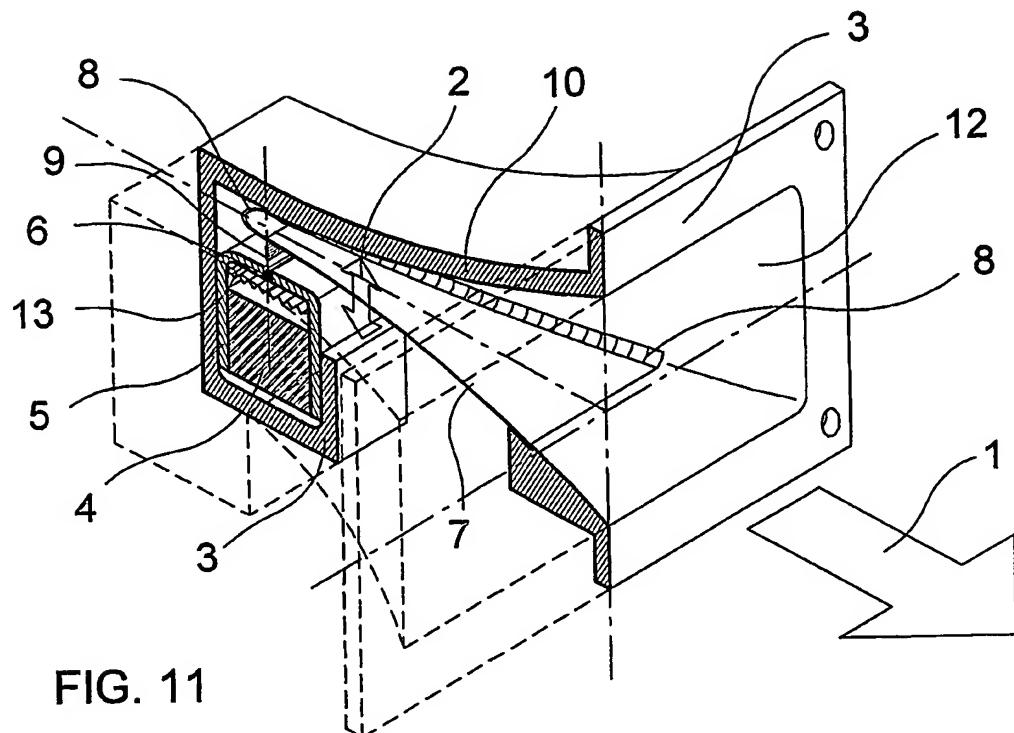


FIG. 12